

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平1-309323

⑬ Int. Cl.⁴

H 01 L 21/30
G 03 F 7/20
H 01 L 21/30

識別記号

3 1 1
3 0 1
3 1 1

庁内整理番号

L-7376-5F
6906-2H
G-7376-5F
N-7376-5F

⑭ 公開 平成1年(1989)12月13日

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全6頁)

⑮ 発明の名称 投影光学装置

⑯ 特 願 昭63-140274

⑰ 出 願 昭63(1988)6月7日

⑱ 発 明 者 谷 口 哲 夫 東京都品川区西大井1丁目6番3号 株式会社ニコン大井製作所内

⑲ 出 願 人 株 式 会 社 ニ コ ン 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

⑳ 代 理 人 弁 理 士 渡 辺 隆 男

明 細 書

1. 発明の名称

投影光学装置

2. 特許請求の範囲

照明手段により所定のパターンが形成されたマスクを照明し、該パターンを投影光学系と介して、感光基板上に所定の結像状態で結像させる装置において、

前記照明手段からの照明光の波長を測定する波長測定手段と、前記波長測定手段の測定結果に基づいて、前記照明光の波長変化により生じる前記投影光学系の結像特性の変化を演算する演算手段と、前記演算結果に基づいて結像特性を補正する補正手段とを具備したことを特徴とする投影光学装置。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、例えば集積回路製造に用いられる露光装置で、特に近年開発されている狭帯化エキシマレーザのように狭帯化レーザを光源とする投影

型光学装置の結像特性の向上に関するものである。

(従来の技術)

この種の装置で使われる狭帯化レーザ光源として、エキロン等の波長選択素子を用いて発振スペクトルの狭帯化を行なうとともに、発振スペクトルの波長をモニターして温度変化による共振器長の変化などによる波長ずれを波長選択素子にフィードバックして常にその狭帯化波長を一定に保つような構成のものを採用することが考えられている。

(発明が解決しようとする問題点)

上記のように短波長域のレーザを用いた投影光学装置は、投影光学系の色収差補正が困難であるため、レーザ波長を狭帯化して用いる方法を探る訳であるが、狭帯化波長を常に一定に制御するのは困難で、露光中に波長がずれてしまうという問題点があった。この主な原因は、エキロン等の波長選択素子がレーザ光の一部を吸収して膨張し、狭帯化の中心波長がシフトし、その波長シフトに制御系がうまく追従できないことである。前記の

ように投影光学系は色収差が補正されていないため波長ずれにより、結像特性が変化する。本発明はこの様な問題点に鑑みてなされたもので、波長ずれによる結像特性の変化を補正し得る投影光学装置を提供することを目的とする。

〔問題点を解決する為の手段〕

上記問題点の解決のため本発明では、波長ずれによる結像特性の変化をあらかじめシミュレーションもしくは実験により確認し、波長制御用の波長モニタの測定結果に基づき、結像特性（倍率変化、焦点ずれ等）を補正することにした。結像特性の補正機構は、この種の高精度な露光装置においては大気圧変動等の補正用としてあらかじめ用意されている場合があり、その場合はこれを利用する方法とした。

〔作 用〕

本発明においては、波長ずれによる結像特性の変動分を結像特性補正機構（圧力調節器、オートフォーカス制御系）にフィードバックして補正を行うため、波長ずれによる感光基板上での結像特

る。

補正量決定部15aは、算出された波長変化量に基づいてレーザ共振器内に配置された石英のエタロン（2枚のほぼ平行な透明板）18aの補正すべき傾き変化量を求め、その傾き変化量を傾斜駆動部18bに出力する。駆動部18bは傾き変化量に応じてエタロン18aのレーザビームに対する入射角を変化させるように、エタロン18aの傾きをサーボ制御により補正する。尚、第2図ではエタロン18aがミラー1bとチューブ1aの間に配置されるが、ミラー1cとチューブ1aの間に配置されていても同様である。

第3図は、この種のエキシマレーザ光を露光用照明光とする投影型露光装置（ステッパ）における露光シーケンスを模式的に表わしたチャート図である。

第3図（B）は1枚目のウェハの各ショット領域に対するステップアンドリビート方式の露光後、2枚目のウェハへの交換とアライメントを行ない、2枚目のウェハに対するステップアンドリビート

性の悪化を防ぐことができる。

ここでこの種の狭帯化エキシマレーザ光源から発振されるレーザ光（パルス光）の波長安定化について、第2図、第3図を参照して簡単に説明する。

第2図は狭帯化レーザ光を発振するエキシマレーザ光源の一例を示す図である。

第2図において、例えばKrFレーザ光の発振チューブ1aをはさんだ両側には共振器を構成するためのミラー1b、1cが配置され、ミラー1cからエキシマレーザ光が射出する。

射出したエキシマレーザ光LBの一部は、ビームスプリッタ2により分割され、モニター光LBmとして波長測定用の分光器17aに入射し、分光されたモニター光LBmのスペクトルをフォトダイオードアレイ17bで光電検出する。

波長変化検出部16aは、フォトダイオードアレイ17bからの光電信号に基づいて、モニター光LBmのスペクトル位置が所定の目標波長値に対してどれくらいずれているかを演算により求め

露光を行なう様子を示す。1つのショット領域に対する露光は通常数十パルス～100パルス程度で行なわれ、各パルス光（エキシマレーザ）の発振は、発振チューブ1aへトリガ信号を印加することによって行なわれる。

第3図（A）は、第2図に示したような波長補正の方法により補正を行なったときのレーザ発振波長λの変化の様子を模式的に示したものである。

目標波長に対して、許容できる波長ずれの範囲±Δλは、結像特性に対する影響を考慮して第3図（A）のように定められているものとする。時刻t₁で1つのショット領域に対する露光が始まると、フォトダイオードアレイ17bより信号が得られ、波長制御のサーボ系が働く。このため通常は、波長は第3図（A）のように許容波長範囲±Δλに保たれる。時刻t₂で露光が終了すると波長制御は行なわれなくなり、かつエタロン18aが冷却（吸収した熱的エネルギーの発散）されるため、サーボ系を働かさずに発振させたときの波長は、次のショット領域への露光開始時刻t₃、

まで点線で示すように徐々に変化していく。そして通常、この変化は微小で許容範囲内になるように定められるが、時刻 t_1 で許容範囲外になる場合も起こり得る。この場合、第3図(A)に示すように、露光が開始後、波長制御が働き再び許容範囲内に追い込まれる時刻 t_2 までは波長ずれ、すなわち解像不良等が生じていることになる。またサーボ制御系が最適に設計されていないと、波長は時刻 t_1 以降、オーバーシュート、もしくはハンチングを伴って変化し、時刻 t_3 、 t_4 の間では再び範囲外になって波長ずれを起してしまう。この現象は、制御系の応答(追従性)を速くしようとすれば、ある程度さけられないものである。

さて、1枚のウェハの露光が終了して、ウェハ交換、アライメントを行なうと、前記のステップング時のように露光が中断されるが、その中断される時間はステップング時間より長くなり、波長は時刻 t_1 までの間に大きく変動してしまう。このため新たなウェハへの露光開始前には、第3図(B)のようにレーザ光をダミー発振(照明系内

のシャッターは閉じた状態)させて、波長が許容範囲まで追い込まれてから、再び露光を開始するようにする。この場合も、波長ずれが大きい場合、もしくは制御系の設計がうまくないときは、波長を許容範囲内とするには時間がかかることになる。

このため本発明では、波長変化に対応した波長選択素子(エタロン等)のサーボ特性に起因して、目標波長への追い込み誤差が生じた時、あるいはサーボロックがはずれた時、又は波長選択素子による波長安定化のサーボ系を一時的に停止した状態で露光動作が行なわれる場合等は、投影すべき原版としてのマスク(レチクル)、投影光学系、及び感光基板の三者の配置関係、もしくは投影光学系自体の光学特性を、目標波長からのずれ量に対応して調整(補正)することによって、マスクから感光基板までの総合的な結像特性を常に所望の状態に維持するようにした。

また、上記の補正を行うために、波長が換算に許容範囲内に入っていないくても露光が開始できる

ため、第3図(B)で示したダミー発振の時間を短くする方法もとれる。

[実施例]

第1図は、本発明の1実施例を示し、レーザを光源とした集積回路製造用の縮小投影露光装置の実施例の構成を示したものである。以下第1図を参照しながら装置構成の説明を行なう。露光用光源として内部に波長狭帯化素子18(第2図中の18aと18bに対応)を持つレーザ光源1(1a、1b、1c)を用いる。レーザ光源1からでた光線は、ハーフミラー2を通過し、シャッター3を通過して光強度一様化照明部4へ入射する。ここで一様化された光線はミラー5、コンデンサレンズ6を介してレチクルRを照明する。レチクルRは回路パターン等が描かれたマスクで、回路パターンは投影レンズ7を介してウェハW上に結像される。ウェハWは、投影レンズ7に対する焦点合わせのために上下動するZステージ8aに真空吸着でホールドされ、このZステージ8aは水平方向に2次元移動するXYステージ8b上に設け

られ、ウェハWは水平方向と上下方向に移動が可能である。XYステージ8bは通常、干渉計付ステージコントローラ14によって次々にステップングされ、レチクルRのパターンウェハW上の複数のショット領域に次々と露光される。

次に、レーザ光源1の狭帯化の方法及び波長制御について説明を行なう。レーザ光源1は第2図にも示したように共振器内部に狭帯化素子18(18a、18b)を持っている。これは波長の選択を行うもので、例えばエタロン(微小な空気間隔を持つ2枚の平行平板ガラス)、プリズム、グレーディング等である。レーザ光源1からの光の波長は、波長モニタ17(第2図中の17aと17b)によって、ハーフミラー2で反射された光線の波長を測定することにより求められる。波長モニタ17は、例えばグレーディング等の分光器17aに光線を入射してフォトダイオードアレイ17b等で波長をモニタする。波長コントローラ16(第2図中の16a、16b)は、目標波長と、実際の発振波長を比較し、ずれ分(制御誤

差)が常に0となるように狭化素子18を制御する。従来は、ウェハ交換後の新たなウェハへの露光に先立ち、シャッタ3を閉じてレーザを発光し、目標波長と実際の発振波長が一致した後シャッタ3を開けて露光を行っていた。

次に結像特性の補正機構の説明を行なう。以下の方法は特開昭60-78454号公報、又は特開昭61-183928号公報等で開示されている公知の技術である。このため簡単に説明を行なう。本実施例では補正を行なう結像特性を倍率と焦点位置として説明する。まず倍率については投影レンズ7中の密封されたレンズ間隔(以下空気室とする)11の空気圧力を投影レンズ7が所定の倍率を保つように変更することにより行なう。焦点位置については、投影レンズ7とウェハWの間隔を一定に保つ機構に焦点位置変化分だけオフセットを持たせることにより補正を行なう。空気室11の内部空気圧力は常に圧力センサ16によりモニタされておりベローズ、ポンプ10a等で構成された圧力調節器10により所定の圧力に保

たれている。投影レンズ7とウェハWの距離は、投光器13によりウェハW上の感光剤を感光させない波長の光をウェハWに斜めに投光し、SPD等からなる受光器12でその反射光を受けることにより測定される。ウェハWの上下方向の位置変化は、反射光のシフトになり位置を測定できる。ウェハWの位置信号(フォーカス信号)AFSは主コントローラ9に送られ、主コントローラ9はウェハWが所定の位置に来るまで、Zステージ8aを上下方向へ移動させるモータに信号を送り、常に投影レンズ7とウェハWの間隔を一定に保つ。この間隔にオフセットを持たせるには反射光の光路を光学素子(平行平板ガラスの傾斜)によりシフトさせるか、又は位置信号AFSに電気的にオフセットを持たせればよい。このオフセットを与える信号は、主コントローラ9からオフセット信号OFSとして焦点検出系(投光器13と受光器12)へ出力される。

次に本発明の動作例である、レーザ光の波長ずれを補正する1つの方法について説明する。まず、

あらかじめ波長ずれが結像特性に及ぼす影響を求めておく。これはシミュレーション計算で求めるか、実際にレーザ光の波長をずらして実験的に求める。この波長ずれと、倍率及び、焦点位置の関係は数式もしくは定数の形でコントローラ9内のメモリに持っておく。露光を行なう場合、波長コントローラ16内の波長変化検出部16aは波長モニタ17で検出される現在波長の目標波長からのずれをコントローラ9に出力する。一方波長コントローラ16は波長を目標波長に一致させるように狭帯化素子18をフィードバック制御により調整する。コントローラ9内には波長変化量検出部16aからの波長ずれの信号を常時入力して、その変化量に対応した倍率及び焦点位置の変化量を前記の数式等で選択計算する演算部9aと、算出された倍率、焦点位置の変化を打ち消すのに必要な空気室11の空気圧力の指令値BCSを計算して圧力調節器10に出力する補正指令部9bとが設けられている。

圧力調節器10は、指令値BCSと空気室11

の圧力をモニターする圧力センサー19の信号LPSとに基づいて空気室11の内部の圧力を変更し、所定の倍率を保つ。また、補正指令部9bは、演算部9aからの焦点位置の変化に対応した信号に基づいて、波長ずれによる焦点位置ずれと、空気室11の内部圧力の変更にともなう焦点位置変化分に対して、追従するようにZステージ8aを上下動させるのに必要なオフセット信号OFSを受光器12に出力する。以上の方法により、狭帯化素子18によって制御しきれなかったわずかなレーザ波長ずれに対しても十分な補正がかかり、結像特性を一定に保つことができる。このため、波長コントローラ16はあまり厳密に制御する必要がなくなり、ハンチングを起こさないように余裕を持ったサーボ系にすることができる。ウェハ露光に先立つダミー発振においても、レーザ波長が許容範囲内に入るか、圧力が目標圧力に追従するか、どちらかの条件が満たされれば露光が可能であるため、圧力応答が十分に遅ければ、ダミー発振を短くすることができる。また、波長コント

ローラ 16 と補正機構のコントローラの 2 ヶ所で結像特性のコントロールを行なっているため、一方で高周波成分（より精密な補正）のコントロールをし、もう一方で低周波成分（比較的ラフな補正）のコントロールを行なうといったことも可能である。

従って、例えばあるウェハを露光し始める前（又はウェハ交換動作中）にシャッター 3 を閉じた状態でレーザ光を発振して波長ずれをモニターし、波長ずれがある許容範囲内に入るように狭帯化素子 18（エタロン 18 a の傾き）を調節した後、そのウェハへの露光が行なわれている間は狭帯化素子 18 を固定したまま、波長コントローラ 16 の検出部 16 a からの波長ずれ信号に基づいて主コントローラ 9 のみで結像特性の補正を行なってもよい。

また、第 1 図中に示すように、波長コントローラ 16 から波長安定化のサーボが良好に働いているか否かを表わす信号を入力する波長ロック表示部 20 等が設けられている場合、波長安定化の

サーボロックがはずれた否かの信号をコントローラ 9 で判断し、サーボロックがはずれた時点からコントローラ 9、圧力調節器 10、焦点検出系 12、13 で結像特性を補正し、再び、サーボロックの状態になった時点からは空気室 11 の圧力指令値 BCS、焦点検出系のオフセット信号 OFS をその時の値に固定して波長安定化で対応するという方法も考えられる。

以上の実施例では、レーザ波長ずれのみを補正する方法を示したが、この例のような倍率、焦点位置補正機構は、本来大気圧、温度等の環境変化、投影レンズの照明光吸収等を補正するために設けられたものである。これは、第 1 図中に示したように、ステッパ本体近傍に設けた大気圧、温度等の測定器 15 によりこれらの情報をコントローラ 9 が得て波長ずれと同様に補正を行なう。照明光の吸収に関しては、投影レンズの照明光の吸収特性をあらかじめ求め、シャッターの開閉情報もしくは、レーザパルス積算光量の情報等により吸収量を求め補正を行なう。もちろん、レーザ波長

ずれ補正のためだけに新たに補正機構を加えてもよい。

また結像特性の補正機構としては、本実施例以外にも方法が考えられ、例えば投影レンズ間隔を変える方法、レチクルと投影レンズの間隔を変える方法、投影レンズの上方または下方に 2 枚の平行平板ガラスを置き内部の圧力を変える方法等が考えられる。また、補正項目も本実施例以外に像面湾曲、ディストーション等が考えられる。この場合、投影レンズ 7 内のレチクル R にもっとも近く配置されたフィールドレンズを傾けたり、レチクル R を傾けることで対応可能である。

また、本実施例では、光源 1 自身に波長補正機構を持ったレーザ光源としたが、本実施例のように補正機構を持つ装置ではレーザが波長補正機構を持たない場合でも波長のモニタができれば使用することができる。また、光源がレーザでなくても、例えば水銀ランプでも同様に用いることができる。

〔発明の効果〕

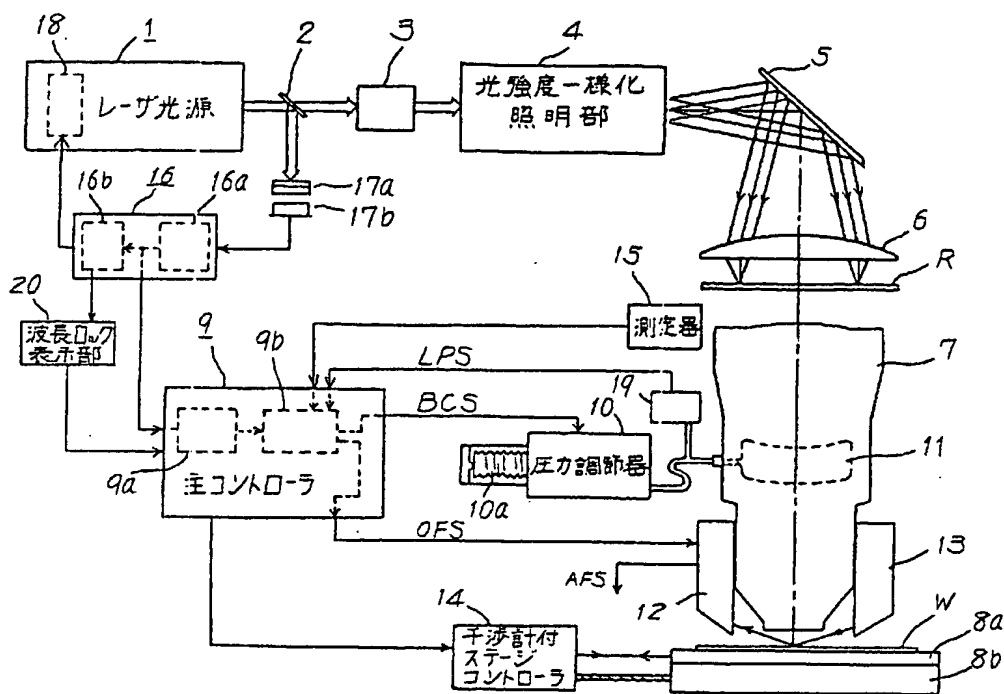
以上、本発明によれば露光光源の波長が所定の値からずれた場合、それに起因して生ずる結像特性の変化を計算し、それを打ち消すように結像特性補正機構により補正を行うため、露光光源の波長ずれにかかわらず良好な結像状態が得られる。

4. 図面の簡単な説明

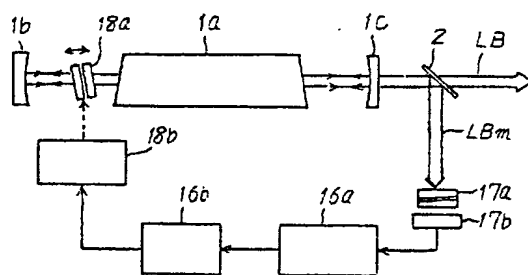
第 1 図は本発明の実施例による投影露光装置の構成を示す概略図、第 2 図はレーザ光源の構成の一例を示す図、第 3 図は本発明を用いた場合の波長変化の補正の様子を模式的に表わしたチャートである。

〔主要部分の符号の説明〕

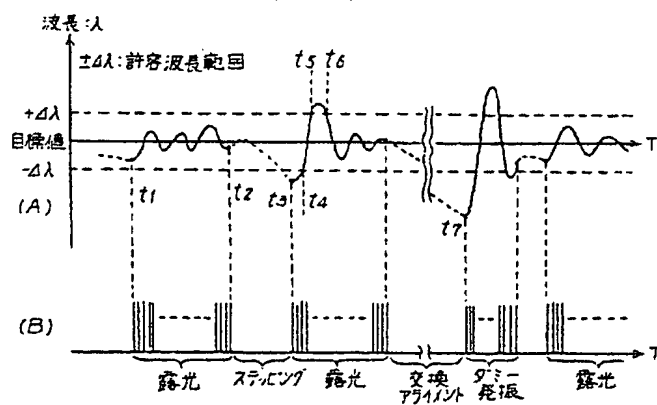
- | | |
|---------------------|-------------|
| R … レチクル、 | W … ウェハ、 |
| 1 … レーザ光源、 | 7 … 投影レンズ、 |
| 9 … コントローラ、 | 10 … 圧力調節器、 |
| 11 … 空気室、 | |
| 12 … 受光器（ウェハ位置検出器）、 | |
| 16 … 波長コントローラ、 | |
| 17 a、17 b … 波長モニタ、 | |
| 18 … 狭帯化素子、 | 18 a … エタロン |



第 1 図



第 2 区



第 3 図